

## Implikasi Penambangan Batugamping Terhadap Kondisi Hidrologi di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

### *Implication of Limestone Quarry to the Hydrological Condition in Citeureup, Bogor, West Java*

Achmad Subardja Djakamihardja dan Dedi Mulyadi

**ABSTRAK.** Masalah utama yang timbul akibat kegiatan penambangan batugamping di Citeureup adalah hilangnya vegetasi dan tanah penutup serta terjadinya perubahan morfologi dan topografi, yang diikuti dengan perubahan karakteristik tanah maupun batuan. Terpotongnya bukit akibat penambangan telah menyisakan batugamping yang relatif masif dan minimal rekahan, sehingga menghambat aliran air ke dalam tanah, yang berlanjut terhadap perubahan sistem hidrologi. Kondisi tanah pada sebagian lahan revegetasi pascatambang di penambangan Citeureup ditandai dengan kecilnya kemampuan resapan air. Terjadinya pemadatan dalam penimbunan tanah pucuk pada reklamasi lahan pascatambang dan tertutupnya rekahan (porositas sekunder) batugamping pada lantai tambang menyebabkan terhambatnya laju infiltrasi. Untuk memperbaiki kondisi hidrologi pascatambang, diperlukan upaya mempertahankan porositas sekunder pada lantai tambang dengan membuat rekahan buatan (*artificial crack*), menghindari pemadatan pada penimbunan kembali tanah pucuk (*back filling*), serta revegetasi tanaman dengan perakaran yang mampu memecah batugamping. Kegiatan ini

dimaksudkan untuk meningkatkan infiltrasi pada tanah timbun, mempercepat kembali proses pelarutan, ditambah pelebaran rekahan oleh akar tanaman, sehingga akan memperbesar porositas batugamping. Upaya ini diharapkan berdampak terhadap meningkatnya kapasitas simpan batugamping sebagai reservoir airtanah, seperti kondisi sebelum ditambang.

**Kata Kunci:** penambangan, airtanah, tanah, batugamping, infiltrasi, pascatambang, rekahan buatan.

**ABSTRACT.** The main issues arising from limestone quarry in Citeureup are the loss of vegetation and land cover, as well as changes in morphology and topography that followed by changes in the characteristics of both soil and rock. Hill cutting for mining has left relatively massive limestones with minimal fractures that inhibit the flow of water into the soil affecting the hydrological characteristics. Another problem is that the majority of land in the area of post-mining reclamation has small water infiltration capacity. Soil compaction during backfilling of top soil on the post-mining land and the sealed limestone fractures on mined floor had caused a decrease in its infiltration capability. In order to improve post-mining hydrology condition, it is necessary to maintain secondary porosity in the mined floor by creating an artificial fracture, avoiding soil compaction during land rehabilitation and introduce revegetation plants that can cleave the limestone. These activities are intended to increase the infiltration of the soil store up, speed up the re-dissolution process, plus the widening of the artificial cracks by plant roots, so it will increase the porosity of the limestone. These efforts are expected to increase

---

Naskah masuk : 19 November 2012  
Naskah selesai revisi : 8 Maret 2013  
Naskah siap cetak : 20 Mei 2013

---

Achmad Subardja Djakamihardja  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
E-mail : [geocon\\_con@yahoo.com](mailto:geocon_con@yahoo.com)

Dedi Mulyadi  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
E-mail : [dedi.mulyadi@geotek.lipi.go.id](mailto:dedi.mulyadi@geotek.lipi.go.id)

*the storage capacity of post mined limestone as its pre-mined condition.*

**Keyword:** groundwater; soil, limestone, infiltration, artificial crack.

## PENDAHULUAN

Komoditi pertambangan mempunyai karakteristik *non-renewable* (tidak dapat diperbaharui), sehingga penggunaan lahan untuk pertambangan mempunyai jangka waktu terbatas, sesuai dengan potensi cadangannya. Ciri lain kegiatan pertambangan mempunyai dampak terhadap lingkungan baik fisik maupun sosial yang relatif lebih tinggi. Sebagai konsekuensinya, maka lahan pascatambang harus secepatnya direhabilitasi, tidak harus menunggu penutupan tambang (*mine closure*), agar bisa dimanfaatkan sesuai dengan perencanaan awal.

Diperkirakan lebih dari 2/3 kegiatan eksploitasi bahan tambang di dunia, dilakukan dengan pertambangan terbuka yang biasanya dilakukan dengan *open cast mining*, *strip mining*, *open-pit mining* dan *quarrying*, tergantung pada posisi dan bentuk geometris cadangan serta jenis komoditinya. Dampak kegiatan penambangan terbuka antara lain morfologi perbukitan, tanah pucuk dan vegetasi penutup, membentuk lereng-lereng yang terjal, sehingga rentan terhadap longsor serta mengubah kondisi hidrologi dan kesuburan tanah. Menurut William (2001), kegiatan penambangan dapat memicu timbulnya permasalahan degradasi lingkungan yang berawal dari hilangnya tutupan vegetasi dan perubahan topografi (*engineering impact*) yang umumnya diikuti dengan dampak negatif menurunnya kemampuan peresapan air dan tingginya tingkat erosi (*cascading impact*), akan bermuara terhadap degradasi kesuburan tanah dan sistem hidrologi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh kegiatan tambang terhadap perubahan karakter hidrologi, melalui pengukuran perubahan infiltrasi baik pada tanah maupun batugamping sebelum dan sesudah penambangan. Analisis terjadinya perubahan ini diharapkan bisa memberikan pemecahan permasalahan. Strategi penimbunan kembali tanah penutup/tanah pucuk serta rekayasa terhadap batugamping pascatambang (lantai tambang) diharapkan bisa meningkatkan kemampuan peresapan air melalui

tanah timbun maupun mempertahankan aliran air kedalam batugamping, agar mengembalikan fungsi batugamping sebagai reservoir air.

## STUDI LITERATUR

### Kondisi Geologi

Kondisi geologi di sekitar lokasi penambangan adalah seperti diuraikan di Peta Geologi Daerah Jakarta skala 1:50.000 dan Peta Geologi daerah Bogor skala 1:100.000 (Effendi dkk., 1998). Lapisan bawah tanah terdiri dari batuan sedimen lipat dan patah dari urut Tersier (*Miosen*). Secara lokal, batuan Tersier dilapisi oleh *unconsolidated deposits* atau timbunan berumur kuartar. Kandungan batuan bermur Kuartar di lokasi penelitian terdiri dari pasir, sedimen, dan tanah lempung dengan ketebalan berkisar kurang dari dua sampai dengan lebih dari duabelas meter. Batuan tersier mengandung batukapur dengan ketebalan 60 m dan mudstone dengan ketebalan 90 m. Batuan tertua yaitu Basalt Gunung Dago tersusun atas basalt piroksen, terkarkan dan lapuk, terendapkan tidak selaras oleh Formasi Jatiluhur yang tersusun atas napal dan serpih lempungan, dan sisipan batupasir kuarsa. Di atasnya diendapkan Formasi Klapanunggal dimana bagian bawahnya menjemari dengan Formasi Jatiluhur berumur Miosen Awal. Formasi Klapanunggal tersusun atas batugamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan fosil-fosil lainnya termasuk moluska dan echinodermata. Umur satuan ini setara dengan Formasi Lengkong dan Bojonglopong di lajur pegunungan selatan. Fauzielly (2000), membagi fasies batugamping menjadi: 1) Fasies *Coral Algae Boundstone*, (2) Fasies *Algae Foraminifera* besar *Packstone-Grain stone*, (3) Fasies *Coral Boundstone Algae Boundstone Foraminifera Grainstone-Pacstone* (4) Fasies *Algae-Foram* besar *packstone-grainstone*. Penelitian mengenai fasies dan diagenesa telah dilakukan oleh Praptisih dkk. (2009) yang menyimpulkan bahwa daerah penelitian mempunyai fasies antara lain: Fasies *Boundstone*, Fasies *Packstone*, Fasies *Rudstone* dan Fasies *breccias limestone*

Sedangkan hasil penelitian sebelumnya (Subardja dan Sumawijaya, 2010) bentuk perlapisan pada beberapa lokasi singkapan memperlihatkan struktur sedimen silang siur. Daerah studi terdiri dari 2 fasies batugamping, yaitu fasies *packstone* dan *boundstone*, proses diagenesa yang teramati adalah sementasi, mikritisasi, kompaksi, pelarutan. Tekstur batuan dari halus sampai kasar, di beberapa lokasi singkapan memperlihatkan porositas gua (*vuggy*) dengan diameter 10 cm sampai beberapa meter menyerupai rekahan vertikal. Analisis porositas memperlihatkan bahwa ditemukan porositas interkristalin dan moldik dengan besaran bervariasi. Jenis porositas yang teramati antara lain: porositas jenis *vuggy* dengan dan interartikel, porositas ini mendominasi pada beberapa fasies batugamping Klapanunggal, dengan besaran sangat bervariasi terutama untuk porositas jenis *vuggy*.

### Kondisi Hidrologi

Sebelum dilakukan penambangan, batugamping bagian atas umumnya mempunyai rekahan yang intensif akibat dari proses karstifikasi, sehingga menjadikan zona ini mempunyai porositas (sekunder) yang berfungsi mengalirkan air yang meresap dari tanah di atasnya, kemudian mengalir ke gua bawah tanah melalui rekahan yang terbentuk dibawah (*bedrock*). Air mengalir sebagai sungai bawah tanah, secara alami keluar ke permukaan sebagai mata air, yang bisa diidentifikasi pada mataair sungai Cikukulu. Kawasan karts pascatambang ditandai dengan adanya perubahan morfologi, hilangnya batugamping permukaan yang mempunyai porositas besar, menyebabkan penurunan muka

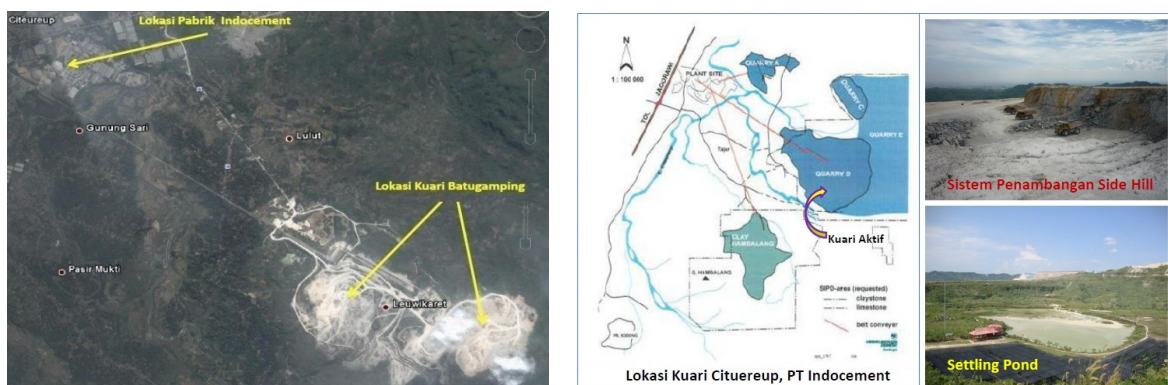
airtanah karena hilangnya zona batugamping rekahan intensif yang sebelumnya terisi airtanah yang berakibat menghilangnya mata air dibagian hilir. Karakter pergerakan air di kawasan karst, seperti halnya daerah penambangan Citeureup adalah melalui sistem retakan, celahan, dan gua, sehingga air tanah akan bergerak lebih cenderung bersifat turbulen. Air yang mengalir melalui lorong lorong gua dapat dianggap sebagai akifer utama yang berbentuk sungai bawah tanah, yang akan keluar dalam bentuk mataair, dimana di lokasi penelitian dicirikan dengan adanya sungai Cikukulu yang keluar dari gua. Sebagian kecil air tanah mengalir melalui ruang antar butir atau retakan sempit dikenal sebagai air perkolasi. Air perkolasi di kawasan karst bergerak dengan kecepatan beragam tergantung pada derajat karstifikasi dan jaringan sistem percelahan yang sudah terjadi (Kusumayudha, 2003).

### Iklim

Kondisi Iklim di lokasi penelitian mempunyai dua musim yakni musim kemarau (Juni s/d September) dan musim hujan (Oktober s/d Mei). Di musim kemarau, suhu di kawasan penambangan berkisar antara 26.4°C sampai dengan 27.5°C dengan curah hujan rata-rata sekitar 150 mm. Sedangkan di musim hujan, suhu berkisar antara 26°C sampai dengan 28°C dengan curah hujan rata-rata per bulan sekitar 300 mm. Arah angin adalah dari barat laut ke tenggara.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penambangan batugamping terletak di wilayah S.I.P.D. (Surat Ijin Penambangan Daerah) PT Indocement, dengan koordinat



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Situasi Penambangan Batugamping, Penambangan Citeureup (PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk., 2009).



geografis pada garis lintang S 06° 27' 45" - S 06° 34' 30" dan garis bujur timur E 106° 52' 45" - E 106° 58' 45", yang morfologi merupakan perbukitan. Luas S.I.P.D. ini adalah 2.836,712 Ha yang meliputi Gunung Guha, Gunung Cibuluh, Gunung Kutapaeran dan Gunung Halimun yang secara administratif terletak di Desa Lulut dan Desa Leuwi Karet Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat (Gambar.1).

## METODE

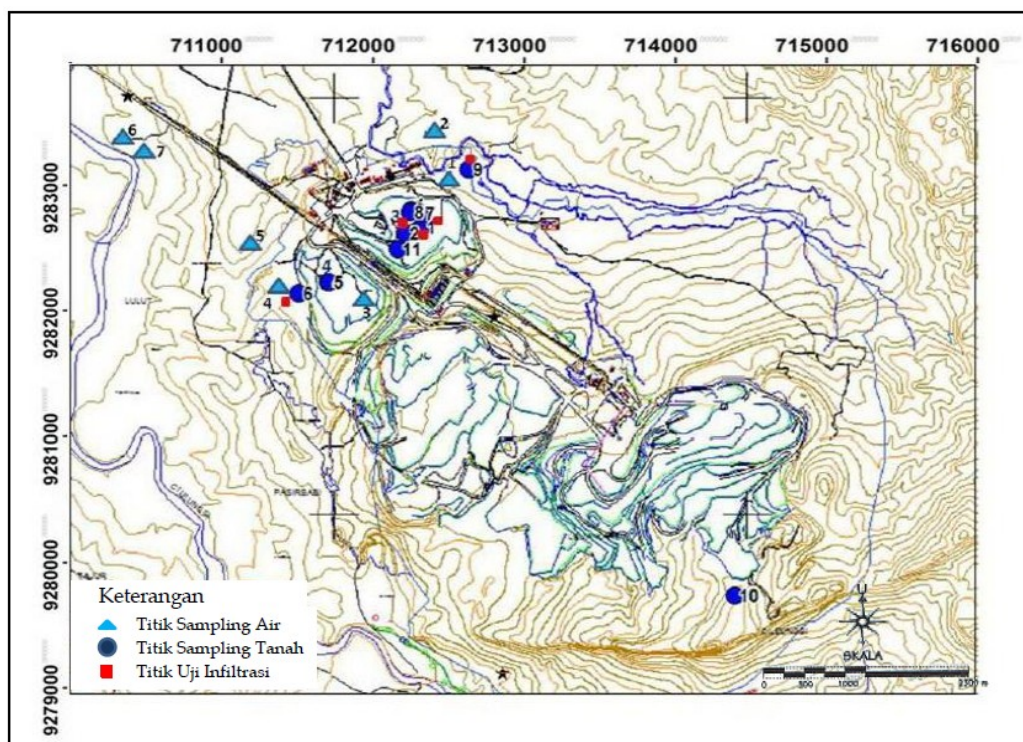
Masalah utama yang timbul akibat kegiatan penambangan batugamping adalah hilangnya vegetasi, tanah penutup serta terjadinya perubahan morfologi dan topografi yang juga mengakibatkan hilangnya bagian atas batugamping yang mempunyai porositas tinggi. Dampak ini akan diikuti dengan perubahan karakteristik tanah maupun batuan pascatambang. Terjadinya pemadatan dalam penimbunan *top soil* pada rehabilitasi lahan pascatambang dan tertutupnya rekahan (porositas sekunder) batugamping pada lantai tambang oleh partikel batuan, debu dan beban alat berat, akan menghambat infiltrasi baik pada tanah maupun pada lantai tambang. Untuk optimalisasi rehabilitasi lahan pascatambang agar mendekati

kondisi awal, dilakukan serangkaian kegiatan, antara lain studi literatur serta survey pendataan geologi, litologi batugamping dan tanah, pengambilan conto, analisis pemboran inti (*core*), uji infiltrasi, karakteristik hidrologi, curah hujan, dan analisis laboratorium parameter bio-fisik-kimia tanah.

Kegiatan penelitian ini difokuskan terhadap penanganan lahan pascatambang, terutama dalam restorasi, remediasi, serta revegetasi lahan, dilihat dari sifat fisik dan kimia tanah dan batuan, serta dampaknya terhadap kondisi hidrologi lokasi penelitian. Metodologi ini akan sangat bermanfaat bagi penyusunan suatu konsep teknologi lingkungan dan reklamasi lahan pascatambang, untuk dijadikan contoh ke masa yang akan datang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengambilan sampel air, tanah, batuan, dan uji infiltrasi dilakukan di beberapa tempat di penambangan batugamping dan daerah sekitar penambangan, yang mewakili tanah lahan asli, tanah lahan yang belum direhabilitasi, dan tanah lahan yang sudah direvegetasi. Sedangkan pengambilan conto air juga dilakukan di daerah-daerah permukiman sekitar penambangan, baik



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel dan Lokasi Pengamatan.

dari sungai maupun sumur-sumur penduduk lihat Gambar 2. Demikian juga penelitian struktur dilakukan pada singkapan-singkapan di lokasi penambangan. Untuk analisis struktur batuan bawah permukaan dilakukan terhadap inti bor yang diperoleh dari hasil pemboran inti sebagai bagian dari kegiatan eksplorasi. Pendataan kondisi geologi Penambangan Citeureup dilakukan melalui pengamatan, deskripsi dan interpretasi geomorfologi (bentang alam), kondisi singkapan di lapangan, serta deskripsi dan interpretasi batuan inti (*core*) pada sebelas lubang bor hingga kedalaman  $\pm 180$  m. Disamping itu, juga dilakukan penelitian kondisi bio-fisik-kimia tanah melalui analisa laboratorium dan kemampuan penyerapan air dalam bentuk nilai laju infiltrasi.

### Geologi dan Morfologi

Pengamatan lapangan dari singkapan dan analisis hasil pemboran batuan inti (*core*), adalah untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai kondisi geologi penambangan Citeureup, melalui pengamatan, deskripsi, dan interpretasi geomorfologi (bentang alam) serta kondisi singkapan di lapangan. Untuk memperoleh gambaran yang jelas kondisi geologi bawah permukaan penambangan Citeureup, telah dilakukan pengamatan, deskripsi, dan interpretasi batuan inti (*core*) pada sebelas lubang bor hingga kedalaman  $\pm 180$  m.

Berdasarkan analisis peta topografi dan kenampakan di lapangan, bentangalam daerah penelitian Citeureup adalah termasuk tipe *Kegel Karst* dan *Cokepit*, yakni perbukitan karst yang memanjang dan menyatu satu sama lain serta diantaranya terdapat lembah. Pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian adalah pola pengaliran dendritik, pola yang mencirikan sifat batuan yang homogen dan kekerasan yang relatif sama, perlapisan batuan yang relatif datar, dan memiliki kemiringan landai.

### Kondisi Batuan

#### a. Jenis Batuan

Dari hasil pengamatan di lapangan, maka daerah penelitian tersusun oleh beberapa jenis batuan yang dikelompokkan menjadi beberapa satuan batuan tidak resmi :

- *Boundstone*: warna lapuk hitam-kuning, warna segar abu-abu terang, di beberapa

lokasi kondisi batuan basah, banyak rekahan akibat pelarutan, *fresh rock-slight weathered*, ketebalan antara 30 cm - 3 m, tersingkap pada ketinggian 234-240 m dpl (Gambar 3a)

- *Mudstone*: warna abu-abu muda, warna segar abu kehitaman, menyerpih, rekahan tak intensif, *slight-moderate weathered*, ketebalan antara 30 cm - 3 m, tersingkap pada ketinggian 247 m dpl.
- *Packstone*: warna lapuk cokelat-hitam, warna segar putih kekuningan, di beberapa lokasi singkapan basah, banyak rekahan pelarutan, *slight weathered*, ketebalan antara 1 - 5 m, tersingkap pada ketinggian 262 - 470 m dpl

#### b. Struktur Batuan

##### Struktur Berdasarkan Pengamatan Singkapan

Struktur batuan yang dapat diamati di lapangan adalah struktur masif, berlapis dan menyerpih. Struktur masif ditemukan pada *boundstone*, struktur berlapis ditemukan pada perlapisan batuan antara *boundstone* dengan *packstone* dan struktur menyerpih ditemukan pada *mudstone*. Pada singkapan batuan, lebar rekahan mulai dari beberapa milimeter hingga 3 sentimeter dan tidak terisi oleh sisipan mineral lain (*infilling material*). Posisi rekahan umumnya vertikal. Rekahan dapat diamati dengan baik pada batugamping jenis *packstone* dan *mudstone* (Gambar 3a).

##### Struktur Berdasarkan Pengamatan Pemboran Inti (Core)

Dari pengamatan batuan inti (*core*) didapatkan rata-rata nilai RQD (*Rock Quality Designation*) yaitu perbandingan dari batuan inti yang masih bersifat kompak terhadap satuan kedalaman pemboran yang menunjukkan kualitas batuan berdasarkan jumlah dan ukuran kekar yang ada. RQD 80%, mencirikan dari satuan kedalaman (*massive*) dan 20% merupakan rekahan/kekar yang dihitung dari jumlah dan lebar kekar yang ada. Pada batuan inti ditemukan *stylolite*, (*fracture*) dan lubang (*vugy*) yang diidentifikasi dari kedalaman 1 m sampai dengan kedalaman  $\pm 180$  m. Lebar retakan *stylolite* berukuran 0.5–2 mm.



Gambar 3a. Struktur Batuan Pada Singkapan.



Gambar 3b. Rekahan Batugamping pada Core.

Tabel 1. Parameter Fisika Air.

No	Lokasi	Jenis sumber	pH	DHL	Temp	MAT (m)	Koordinat		Keterangan
1	Cikukulu	Mata air	7,42	115,7	26,7		-	-	Untuk Pencucian
2	Kolam kecil	Permukaan	8,57	456	28,4		713656	9286242	-
3	Pembibitan jarak	Permukaan	8,21	676	28,9		712470	9280835	-
4	Citoke Ds. Lulut	Sumur Gali	5,11	134,6	28,2	8,7	712105	9281397	Kemarau air surut
5	Citoke Ds. Lulut	Sumur gali	5,78	164,5	27,9	11,1	712039	9281386	Kemarau tdk ber air
6	Rawa Siluman	Sumur Gali	5,24	119,6	26,5	2,4	712118	9281479	Pesawahan
7	Lawang Kedamin	Mata air	5,87	179	26,5		711698	9280663	Elevasi : 162
8	Gua Gajah	Sumur Gali	5,44	91,7	26	7,18	712357	9279928	El: 226, tdk diambil
9	Guha Siangin	Sumur Gali	6,25	80,1	26,2	3	712641	9279039	El: 199, tdk diambil
10	Cioray	mata air	7,23	110,6	27,5		-	-	Conto tdk diambil
11	Curug dengdek Lulut	Sumur Gali	6,37	107,2	29,8	2	712399	928447	El: 167
12	Curug dengdek Lulut	Sumur Gali	5,8	475	27,7	2	712410	9282524	El: 153, dpn mesjid
13	Curug Dengdek	Mata Air	6,89	1028	29,3		-	-	Conto tdk diambil
14	Bendungan	Permukaan	7,79	1206	29,5		713455	9281605	El :148
15	Cikulawing Lulut	Sumur Gali	7,18	1265	29,1	3,8	712352	9282005	El:161, tdk diambil
16	Cikulawing	Sumur Gali	7,3	676	29	4,9	712344	9282005	El: 159
17	Cikulawing Lulut	Sumur gali	6,31	391	28,5	3,5	712042	9282257	El : 171
18	Pancuran Lulut	Mata Air	6,45	365	29,5	-	711998	9282118	El : 164
19	Lulut	Sumur Gali	7,3	905	26,7	5,1	-	-	Analisis Fe saja
20	Lulut	Sumur Gali	6,97	965	26,5	2,5	712154	9282346	conto tidak diambil
21	Kamp Tegal Sempur	Sumur Gali	6,37	616	26,7	5,2	711778	9282815	E l:140, tdk diminum

Tabel 2. Parameter Kimia Air.

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis											
			CBG-1	CBG-2	CBG-3	CBG-4	CBG-5	CBG-6	CBG-7	CBG-11	CBG-13	CBG-14	CBG-16	CBG-21
1	Keasaman (pH)		7,42	8,57	8,21	5,11	5,78	5,24	5,87	6,37	6,89	7,79	7,18	6,37
2	Daya Hantar Listrik	S/cm	587	198	315	64	84	60	88	480	465	490	260	286
3	Temperatur	(°C)	26,7	28,5	28,9	28,3	27,9	26,5	26,5	29,8	29,5	29,5	29,3	26,7
4	Natrium (Na)	mg/l	1,48	1,6	1,6	14,75	10,25	5,99	18,76	10,75	26,02	4,74	14,25	18,76
5	Kalium (K)	mg/l	5,49	ttd	2,84	5,93	5,93	2,84	3,93	3,93	5,97	0,37	2,60	5,01
6	Kalsium (Ca)	mg/l	86,5	19,58	44,06	9,78	6,53	4,9	6,53	55,28	62,02	78,34	16,32	27,74
7	Magnesium (Mg)	mg/l	15,20	15,20	10,55	4,87	4,87	2,92	4,87	12,35	7,49	12,31	8,75	8,68
8	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	279,6	89,44	154,1	20,37	36,63	24,42	20,34	223,0	186,3	247,2	77,28	105,5
9	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	310	97,4	105,5	72,54	66,49	45,54	66,49	168,68	257,31	267,01	105,5	123,63
10	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	30	31,5	40,5	0,25	1,25	4,15	5,25	26,5	14,1	30	5,75	13,2
11	Klorida (Cl)	mg/l	8,66	4,33	7,8	12,99	9,94	0,29	18,19	23,86	23,39	7,8	12,13	12,99
12	Besi (Fe)	mg/l	0,06	0,09	0,33	ttd	0,06	0,06	0,07	0,13	0,2	0,08	0,33	ttd

*Stylolite* adalah rekahan yang terjadi akibat proses tektonik, sedangkan retakan (*fracture*) dan lubang (*vuggy*) adalah rekahan yang terjadi akibat proses pelarutan. Orientasi posisi rekahan (*stylolite* dan retakan) pada umumnya vertikal (Gambar 3b).

Berdasarkan pengamatan batuan inti (*core*) maka dapat diketahui jenis batugamping, struktur batuan, dan struktur geologi yang berkembang di lokasi penelitian. Jenis batugamping yang berkembang adalah jenis *boundstone*, *packstone*, dan *mudstone*. Struktur batuan yang berkembang adalah rekahan akibat pelarutan dan *vug* (lubang udara) akibat pelepasan gas yang bisa diidentifikasi sampai kedalaman  $\pm 120$  m. Struktur geologi bawah permukaan yang berkembang adalah kekar yang bisa diidentifikasi sampai kedalaman  $\pm 80$  m.

### Pengamatan Kondisi Air

Pengamatan dan pengambilan contoh air dilakukan di sejumlah 21 contoh yang terdiri dari 5 mata air, 13 sumur dan 3 sampel air resapan yang airnya diduga bersumber dari airtanah

kawasan batugamping. Beberapa titik pengambilan sampel, terutama dari sumur gali, berada di luar lokasi penambangan, tidak terpetakan dalam Gambar 2, lokasinya terdata dalam koordinat (Tabel 1).

Hasil pengamatan parameter fisika air dilakukan dengan uji insitu. Pengujian parameter kimia conto air diambil dari beberapa lokasi dan analisisnya dilakukan di Laboratorium. Lokasi titik pengamatan dan pengambilan conto air ditunjukkan pada Gambar 2.

Hasil pengamatan dan pengukuran parameter fisika air di lapangan disajikan pada Tabel 1, sedangkan hasil pengujian parameter kimia tanah di laboratorium disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel diatas, dapat dilihat bahwa kandungan ion-ion dalam conto air, tidak melampaui batas untuk penggunaan sebagai kebutuhan air rumah tangga (dari data hasil analisa laboratorium Tabel 3). Pada umumnya air memenuhi persyaratan untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumahtangga, kecuali conto CBG-3 dan GB 16 yang mengandung ion besi diatas ambang batas yang diijinkan berdasarkan Kepmenkes No.

907/MENKES/SK/VII/2002. Menurut Kepmenkes di atas, kandungan ion besi maksimum dalam air untuk kebutuhan rumah tangga adalah 0,3 mg/l. kecuali turbiditas yang agak tinggi, terutama pada mata air (CB1 dan CB4).

### Pengamatan Tanah

#### Sifat Bio-fisik-kimia

Pengamatan dan pengambilan conto tanah dilakukan pada 10 lokasi yang berupa tanah asli (pra-tambang), dan tanah timbunan pada lahan yang sudah di restorasi, remediasi dan revegetasi disekitar penambangan Citeureup. Pada beberapa lokasi, conto tanah diambil dari beberapa lapisan tanah (horizon) sehingga jumlah conto tanah yang diambil adalah 16 buah dan dilakukan

analisa di laboratorium pengujian tanah Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Departemen Pertanian, Lembang-Bandung. Analisis yang dilakukan meliputi sifat fisik dan kimia tanah antara lain tekstur, pH, C-organik, N, Rasio C/N, P, K, Na, Mg, Ca, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) yang ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil analisis laboratorium terhadap kandungan unsur hara menunjukkan bahwa tanah asli sekitar penambangan memiliki tekstur liat dan nilai pH 5,2-7,5. Kandungan C 1,31- 3,86%, N berkisar 0,04-0,38%, P berkisar 1,4-21,8 ppm dan K berkisar 55,9-129,4 ppm. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) berkisar 19,48-61,67 meq/100g, sementara kejenuhan basa (KB) tanah 90-231%.

Tabel 3. Hasil Analisis Parameter Bio-Fisika-Kimia Tanah.

Kode Lokasi	Tekstur			Eks 1:2,5		Terhadap Bahan Kering 105 <sup>o</sup> C												
	Pasir	Debu	Liat	pH		C	N	C/N	Bray 1	Olsen	MVK							KB
				H <sub>2</sub> O	KC I													
	Pipet (gravimetri)			pH Meter		Spekto	Kjedahl I		Spekto fometer		Flame	AAS				Jml	Dest.	
	%					%			ppm			me/100gr						%
	C-4	6	13	81	8,0	7,2	2,16	0,21	10		7,5	135,1	32,57	2,35	0,35	0,08	35,35	19,95
C-5	37	12	51	7,9	7,2	2,33	0,25	9		85,8	73,3	28,75	2,57	0,15	0,06	31,54	16,93	186
C-6	6	9	85	8,0	7,3	1,93	0,15	13		9,1	64,9	25,56	2,31	0,16	0,07	28,09	17,76	158
C-7	29	18	53	8,0	7,2	3,22	0,33	10		183,8	104,8	33,01	1,35	0,27	0,07	34,70	42,88	81
C-8	23	26	51	5,9	4,8	1,18	0,06	19		8,4	95,3	16,80	1,34	0,27	0,07	18,49	17,39	106
C-9	23	35	42	8,2	7,5	1,66	0,12	14		13,8	80,5	35,54	1,95	0,19	0,10	37,79	21,35	177
C-11	50	22	28	8,1	7,2	1,50	0,11	13		15,5	83,0	21,58	1,96	0,15	0,05	23,74	19,87	119
C-12	16	11	73	8,2	7,3	2,27	0,20	12		11,3	56,1	26,49	1,25	0,15	0,07	27,96	13,03	215
C-13	48	4	48	8,3	7,4	0,98	0,10	10		5,9	73,0	30,29	0,71	0,11	0,04	31,16	16,19	192
C-14	38	19	43	8,4	7,4	1,10	0,08	13		12,0	92,5	31,17	2,23	0,19	0,08	33,67	15,83	213
C-16	18	21	61	7,0	5,9	2,26	0,19	12		14,6	70,6	38,88	5,69	0,20	0,13	44,90	19,46	231
C-17	14	29	57	5,2	3,7	1,57	0,12	13	2,7	-	72,1	31,69	5,45	0,21	0,10	37,44	41,57	90
C-18	44	23	33	5,3	3,9	1,31	0,04	30	1,4	-	55,9	55,94	6,23	0,17	0,12	62,46	61,67	101
C-19	4	13	83	7,5	6,7	3,85	0,38	10		10,4	129,4	37,54	2,33	0,32	0,09	40,27	38,46	105
C-20	1	11	88	6,8	5,7	2,25	0,25	9		21,6	97,4	32,98	1,50	0,28	0,10	34,87	35,60	98
C-21	18	10	72	8,1	7,2	1,41	0,15	10		6,9	73,8	36,52	2,38	0,19	0,06	39,16	20,06	195



Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa tanah pada lahan reklamasi dan revegetasi memiliki tekstur liat dengan nilai pH 7,9-8,4. Kandungan C pada tanah 0,98-3,22%, N berkisar 0,08-0,33%, P berkisar 5,9-183,8 ppm dan K berkisar 66,1-135,1 ppm. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah berkisar 13,03-42,88 meq/100g, sementara kejenuhan basa (KB) tanah 81-215 %.

#### Analisis Ukuran Butir Tanah

Analisis ukuran butir dilakukan terhadap beberapa conto tanah sebanyak 3 sampel pada lokasi yang telah dilakukan uji infiltrasi, yaitu seberang mata air Sungai Cikukulu dengan kondisi tutupan lahan tanaman Lamtorogung dan pisang, Tegal Peuntas dengan kondisi tutupan lahan tegalan dan di Cigedong, dengan kondisi tutupan lahan berupa kebun campuran (Gambar 2) Distribusi ukuran butir tanah ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.

#### Uji Infiltrasi Tanah

Uji infiltrasi dilakukan di 16 titik pengamatan dengan lokasi berbeda, yaitu di daerah dengan kondisi tanah asli dan beberapa tempat mewakili daerah lahan pascatambang yang sudah dilakukan revegetasi, dengan umur dan jenis tanaman yang bervariasi (Gambar 2).

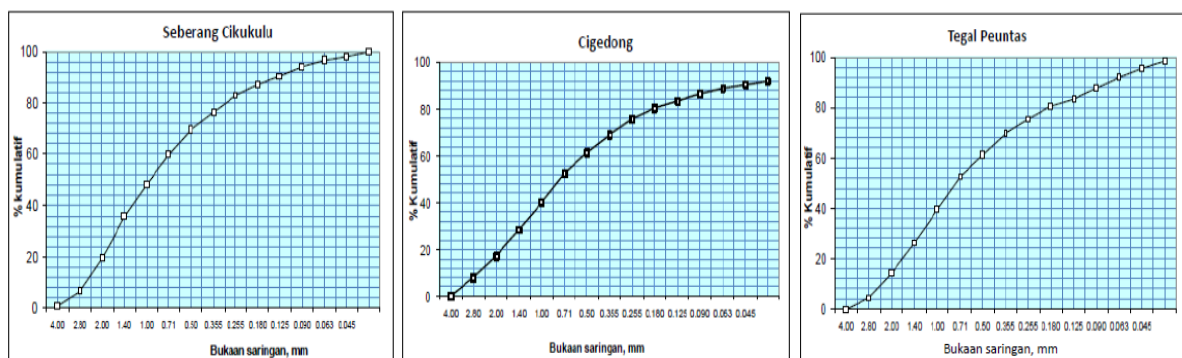
Dari hasil uji infiltrasi sebanyak 16 pengujian, maka berdasarkan laju infiltrasi, kondisi tanah dapat dikelompokkan sbb. :

- *Kelompok pertama* adalah lokasi yang masih ditutupi tanah asli (tidak ditambang) mempunyai laju infiltrasi rata-rata yang cukup besar 0.015 cm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini mampu menyerap air hujan dengan intensitas 54 mm selama 1 jam.

- *Kelompok kedua* adalah lokasi lahan bekas tambang yang sudah direklamasi dengan berbagai jenis tanaman dengan pertumbuhan yang bagus (secara visual terlihat dari usia tanaman, tinggi tanaman, dan pertumbuhan daun), memperlihatkan laju infiltrasi sekitar 0,002 cm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini mampu menyerap air hujan dengan intensitas 12 mm selama 1 jam.
- *Kelompok ketiga* adalah lokasi lahan bekas tambang dengan tumbuhan semak belukar/ alang-alang, memperlihatkan laju infiltrasi sangat rendah; berkisar antara 0,001 mm/detik. Ini berarti bahwa tanah ini mampu menyerap air hujan dengan intensitas 1 mm selama 1 jam.

Pada kasus penambangan batugamping, bukan hanya tutupan lahan yang berubah, tetapi kondisi lingkungan geologi juga berubah. Volume batugamping yang dihaarapkan sebagai media penyimpanan air berkurang karena sebagian batuan/tanah ditambang. Untuk kasus penambangan batugamping di Citeureup dimana penambangan dilakukan secara tambang terbuka dan berjenjang, sebagian besar tanah penutup dan batugamping bagian atas yang banyak mengandung rekahan (porositas sekunder) diambil dan menyisakan batugamping yang relatif masif.

Kondisi pascatambang di lokasi penambangan Citeureup, dilihat dari kondisi hidrologi, terlihat dengan berkurangnya resapan air, dikarenakan hilangnya vegetasi penutup, berkurangnya laju infiltrasi pada tanah penimbunan di area reklamasi, serta tertutup/hilangnya porositas sekunder pada batugamping.



Gambar 4. Grafik Ukuran Butir Tanah.



Gambar 5a. Genangan Air di Lahan Reklamasi.



Gambar 5b. Genangan Air di Lantai Tambang.

Hal ini menyebabkan menurunnya muka air pada sebagian sumur penduduk (informasi dari kegiatan survey sosial di sekitar lokasi penambangan) dan menyebabkan tingginya air luahan (*surface run-off*) di lokasi tambang, dicirikan dengan dibuatnya kolam penampungan air luah (*settling pond*), agar tidak mengalir keluar area tambang (lihat Gambar 1).

Analisis porositas memperlihatkan bahwa besaran porositas *vuggy*, interkristalin dan moldik bervariasi. Retakan/*fracture* dan *vug* adalah rekahan yang terjadi akibat proses pelarutan, dengan orientasi posisi rekahan pada umumnya vertikal. Jenis porositas yang teramati antara lain: porositas jenis *vuggy* dengan interpartikel, dimana porositas ini mendominasi pada beberapa fasies batugamping Klapanunggal, dengan besaran sangat bervariasi terutama untuk porositas jenis *vuggy*. Batugamping permukaan yang mempunyai porositas tinggi perlu diberikan prioritas; sebagian disisakan (tidak ditambang), agar kelestarian lingkungan terutama kemampuan batugamping untuk meresapkan air dapat terjaga.

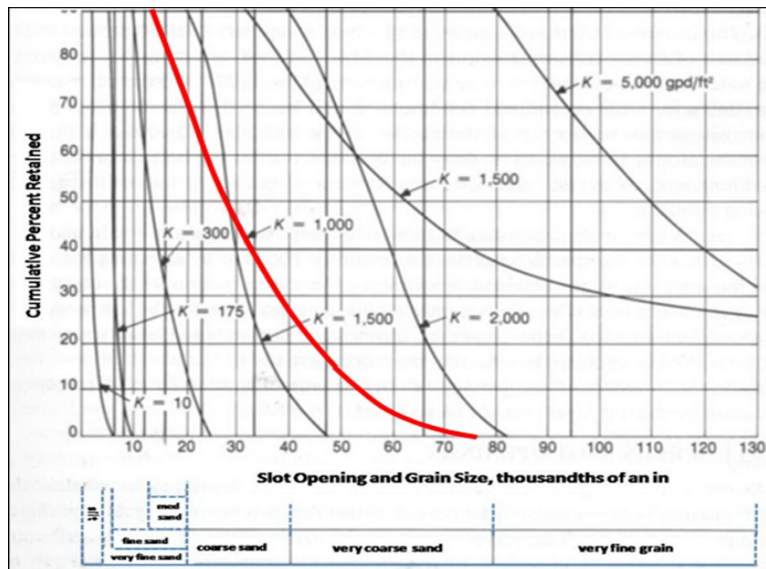
Kehadiran rekahan pada singkapan batuan dan retakan (*fracture*), serta lubang (*vug*) pada batuan inti (*core*), ditambah dengan kehadiran *stylolite* akibat proses tektonik, mencirikan bahwa proses pembentukan porositas sekunder terjadi. Analisis rekahan pada inti pemboran (*core*) sampai kedalaman 120 m, mengindikasikan bahwa kekar masih berkembang sampai kedalaman 80 m, dan kemungkinan besar pembentukan porositas sekunder akan terus terjadi akibat adanya pelarutan (proses kartifikasi).

Dari data pengukuran dan pengamatan lapangan

dapat dilihat pada Tabel 1, bahwa sebagian besar conto air bersifat asam ( $\text{pH} < 7$ ), terutama untuk conto air yang berasal dari sumur gali. Sementara untuk conto air dari mata air Cikukulu dan conto air dari kolam yang berada di lingkungan penambangan bersifat basa ( $\text{pH} > 7$ ). Hal lain yang perlu diperhatikan dari data air ini adalah beberapa conto air mempunyai temperatur  $28,5^{\circ}\text{C}$ , yang melebihi suhu di kawasan penambangan yang berkisar antara  $26,4^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $27,5^{\circ}\text{C}$ , teridentifikasi pada conto CBG-11, CBG-13, CBG-14 dan CBG-16. Air tanah dengan temperatur yang agak tinggi diatas temperatur udara di lokasi, kemungkinan air tersebut sudah mengalami perjalanan yang panjang, dan kontak dengan batuan yang cukup lama.

Dari data hasil analisa laboratorium (Tabel 2) pada umumnya air memenuhi persyaratan untuk digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, kecuali conto CBG-3 dan CBG-16 yang mengandung ion besi  $0,33 \text{ mg/l}$ , berada diatas ambang batas yang diijinkan berdasarkan Kepmenkes No. 907/MENKES/ SK/VII/ 2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, yaitu  $0,3 \text{ mg/l}$ .

Kemampuan resapan tanah pada beberapa daerah yang sudah dilakukan reklamasi, berdasarkan uji infiltrasi, cukup bervariasi antara 1 s/d 12 mm perjam, tetapi tidak berhubungan dengan umur revegetasi ataupun jenis tanamannya. Terlihat menonjol adalah kemampuan resapan, dilihat dari laju infiltrasi, adalah laju infiltrasi pada tanah asli (yang belum ditambang) yaitu 54 mm perjam, berarti kemampuan resapannya bisa mencapai 500% dari lahan yang sudah revegetasi.



Gambar 6. Grafik Hubungan Distribusi Ukutan Butir terhadap Konduktivitas Hidrolik (Driscoll, 1986).

Analisis interpretasi dari grafik (Gambar 6) dengan membandingkan konduktivitas tanah berdasarkan distribusi ukuran butir (Driscoll, 1986), baik pada tanah asli maupun tanah timbun pada lahan revegetasi, ternyata sangat jauh berbeda. Perbedaan ini bisa disebabkan perlakuan tanah pucuk pada saat penimbunan dilakukan, kemungkinan terjadi pemadatan atau bercampur dengan material halus yang berasal dari debu limbah penambangan (Gambar 5a). Terdapatnya genangan air secara sporadis pada lantai penambangan yang belum dilakukan penimbunan tanah pucuk, dicirikan oleh adanya penyumbatan rekahan oleh partikel halus produk peledakan, ditambah dengan adanya pemadatan karena operasi alat berat (Gambar 5b). Padahal dilihat dari analisis conto pemboran inti, lantai tambang pasca tambang masih masuk dalam zona perkembangan kekar.

Hasil analisis ukuran butir tanah ditampilkan dalam bentuk grafik, seperti pada Gambar 4, untuk kemudian dilakukan pendekatan dengan menggunakan standar grafik konduktivitas hidrolik (Driscoll, 1986). Hasil interpretasi diatas memberikan indikasi bahwa tanah dengan distribusi ukuran butir seperti Gambar 4, mempunyai konduktivitas hidrolik pada kisaran  $K = 1000 \text{ gpd/ft}^2$  atau  $= 0,056 \text{ cm/detik}$  (grafik warna merah).

Alternatif untuk meningkatkan kemampuan meresapkan air pada tanah revegetasi adalah dengan menghindari terjadinya proses pemadatan pada saat restorasi dalam proses penimbunan,

antara lain tidak melakukan penimbunan pada kondisi tanah masih basah atau sistim penimbunan dilakukan dari yang paling jauh secara mundur, sehingga tanah yang baru ditimbun tidak terjadi pemadatan akibat terlindas truk pengangkut tanah timbun.

Sedangkan upaya untuk meningkatkan kemampuan menyimpan air (*water holding capacity*) batugamping pascatambang, bisa dilakukan dengan rekayasa membuat rekahan buatan (*artificial crack*) pada lantai pascatambang dengan *softblastin*. Selanjutnya ditimbun tanah pucuk, yang dilanjutkan dengan revegetasi dengan jenis tanaman yang mempunyai sistem perakaran yang kuat memecah batuan. Dengan mengkondisikan seperti hal di atas terhadap batugamping pascatambang, maka dalam periode lama diharapkan terjadi perkembangan kekar yang diikuti proses karsifikasi, sehingga *recovery* karakter gamping sebagai penyimpan (*reservoir*) air bisa dipercepat.

## KESIMPULAN

Nilai kapasitas infiltrasi pada lahan pascatambang (daerah yang direklamasi) sangat jauh menurun apabila dibandingkan dengan kapasitas infiltrasi pada lahan asli (yang belum ditambang). Berkurangnya kuantitas resapan air pada tanah timbunan dan aliran air pada batugamping lantai pascatambang, terindikasi karena terjadinya pemadatan pada saat

penimbunan kembali tanah pucuk (*back filling*) pada lahan reklamasi. Sedangkan berkurangnya aliran air ke bawah tanah dari lantai pascatambang, disebabkan oleh tertutupnya porositas sekunder batugamping pada lantai pascatambang oleh partikel dan debu sebagai dampak ikutan dari kegiatan penambangan, pembentukan porositas sekunder pada batugamping yang diikuti oleh proses karstifikasi terjadi di permukaan maupun bawah permukaan, proses pembentukan ini bervariasi hingga kedalaman 80 m. Apabila dilihat dari segi kualitas air sekitar lokasi penambangan, umumnya masih memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai kebutuhan air bersih baku.

Untuk mempertahankan porositas tanah timbun pada lahan reklamasi, disarankan pada saat penimbunan tanah pucuk, dilakukan dalam keadaan kering, dan menghindari terjadinya pemadatan oleh beban alat berat. Untuk meningkatkan kemampuan menyimpan air dari batugamping pascatambang, bisa dilakukan dengan membuat rekahan buatan dengan *soft blasting* sebelum dilakukan penimbunan tanah pucuk, yang dilanjutkan revegetasi menggunakan tanaman dengan perakaran kuat untuk menambah rekahan batuan.

Penanganan reklamasi lahan pascatambang hendaknya dilakukan seoptimal dan secepat mungkin serta dilaksanakan secara progresif sesuai dengan kemajuan penambangan. Dalam tahapan penambangan selanjutnya, sebaiknya perlu mengkonservasi daerah batugamping dengan porositas tinggi yang berfungsi sebagai resapan. Hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan, terutama ketersediaan air, dapat terjaga.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Ir. Nyoman Sumawidjaja, M.Sc, Razista Noviardi, SP, M.Si. dan Prahara Iqbal, ST., yang telah banyak memberikan saran dan diskusinya dalam penyusunan tulisan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis, baik dalam hal penugasan penelitian, perijinan, berbagai informasi, saran dan fasilitas yang diberikan,

terutama selama melaksanakan kegiatan lapangan dan laboratorium. Penelitian ini atas biaya penelitian DIPA Tematik Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI tahun anggaran 2010 dan 2011.

## DAFTAR PUSTAKA

- Driscoll, F. G., 1986. Groundwater and Wells 2nd, Johnson Division, Signal Environmental Systems, St. Paul, Minnesota.
- Effendi, A. C., Kusnama, Hermanto, B., 1998. Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Fauzielly, Lili, 2000. Diagenesa Batugamping Kalapanunggal Kabupaten Bogo Jawa Barat. Thesis S2. Institut Teknologi Bandung.
- Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, PT., 2009. Laporan RKL/RPL (Amdal Mining-Semester II-2009).
- Kepmenkes No. 907/MENKES/ SK/VII/ 2002 mengenai Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Kusumayudha, S. B. 2003. Mengelola Airtanah. Perlu Model yang Pas. UPN, Yogyakarta. <http://publik.geopangea.or.id/saribk/artikel.shtml> [diunduh pada 6 Februari 2006].
- Praptisih, Kamtono, Safei, S. dan Hendrizan, M., 2009. Penelitian Batuan Karbonat di Daerah Klapanunggal, Bogor. Prosiding Pemaparan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Desember 2009.
- Subardja, A. dan Sumawijaya, N., 2010. Implikasi Penambangan terhadap Lingkungan Batugamping di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Prosiding Pemaparan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Desember 2010.
- William H. L., 2001. Potential Environmental Impacts of Quarrying Stone in Karst—A Literature Open-File Report OF-01-04842001, U. S. Geological Survey (USGS).